

Estimación de la eficiencia de la educación superior en Colombia

Andrés Felipe Gómez Rico

Cristian David Ceballos Vélez

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA
MEDELLÍN
2016

Estimación de la eficiencia de la educación superior en Colombia

Andrés Felipe Gómez Rico *

Cristian David Ceballos Vélez **

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Magíster en Administración Financiera

Asesor: Alfredo Trespalacios Carrasquilla ***

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA
MEDELLÍN
2016

* Dirección de análisis financiero, costos y presupuestos, Universidad Pontificia Bolivariana.
andres.gomezri@upb.edu.co

** Dirección de análisis financiero, costos y presupuestos, Universidad Pontificia Bolivariana.
cristiandavid.ceballos@upb.edu.co

*** Catedrático del Instituto Tecnológico Metropolitano y la Universidad EAFIT
alfredo.trespalacios@gmail.com

Contenido

Introducción.....	9
1 La educación superior en Colombia	11
2 Revisión bibliográfica	15
3 Aproximación teórica y metodología	16
4 Conclusiones.....	25
Referencias	26
Bibliografía.....	30
Anexos	33
Acerca de los autores.....	45
Acerca del asesor	45

Índice de tablas

Tabla 1. Carácter de las IES

Tabla 1. Programas académicos por área de conocimiento

Tabla 3. Referentes de medición de eficiencia considerados

Tabla 4. Variables del modelo

Tabla 5. Resultados del modelo

Tabla 6. Resultados de eficiencia agrupado por las variables de entorno

Tabla 7. *Ranking* de eficiencia. Primeras diez IES

Tabla 8. *Ranking* de eficiencia de las IES de Colombia obtenido con la metodología planteada

Tabla 9. Resultados de eficiencia por percentiles

Tabla 10. Prueba de Breusch-Pagan y multiplicador de Lagrange

Tabla 11. Prueba de Hausman

Tabla 12. Referentes de medición de la eficiencia

Índice de figuras

Figura 1. Estructura del sistema educativo colombiano

Índice de gráficos

Gráfico 1. Porcentajes de participación por carácter de las IES

Gráfico 2. Naturaleza jurídica e IES acreditadas

Gráfico 3. Porcentaje de participación en el total de la matrícula por nivel de formación

Gráfico 4. Frontera de producción

Gráfico 5. Relación entre egresados reales y egresados en frontera eficiente

Gráfico 6. Relación entre estudiantes y egresados en frontera eficiente

Gráfico 7. Función de densidad acumulada de la eficiencia

Gráfico 8. Histograma de los errores

Resumen

En este trabajo se hace la estimación de la eficiencia de instituciones de educación superior (IES) privadas, públicas, acreditadas y no acreditadas en Colombia. Los resultados son asociados a la información financiera y la capacidad humana instalada del personal académico y los estudiantes, así como a variables de entorno como la ubicación geográfica de las instituciones, su naturaleza jurídica, si son acreditadas en alta calidad y el tipo de institución: universidades o instituciones técnicas, tecnológicas o universitarias.

La propuesta busca utilizar la teoría de fronteras eficientes por métodos paramétricos (el análisis de fronteras estocásticas) para modelar una combinación óptima de recursos en los cuales se aprovecha toda la capacidad instalada para lograr sacar el mayor de los beneficios. Al estimar la frontera de combinaciones óptimas se comparan los resultados de las diferentes instituciones con relación a la estimación, lo que permite construir un *ranking* de eficiencia a nivel nacional para una muestra de 112 IES.

Finalmente, se encontró que la eficiencia media de las IES analizadas es de 0.44; también se detectó que no hay evidencia de que la acreditación en alta calidad, el tipo de institución, ni la naturaleza jurídica sea estadísticamente significativa para determinar la eficiencia productiva de las IES.

Palabras claves: fronteras estocásticas (*stochastic frontiers*), eficiencia (*efficiency*), educación superior (*higher education*).

Abstract

This paper presents an estimation of the efficiency of private, public, accredited and non-accredited institutions of higher education (IHE's) in Colombia. The results are associated with financial indicators and the installed human capacity of faculty and students, as well as environmental variables such as the geographical location of the institutions, their legal nature, whether they are high quality accredited or not, and the type of institution, be it universities or technical, technological or university institutions.

This proposal seeks to use the theory of efficient frontier by parametric methods (stochastic frontiers analysis, SFA), which seeks to model an optimal combination of resources that, through the use of the installed capacity, allows for the greatest benefits. Considering the frontier of optimal combinations, the results of the estimation are compared for the different institutions in order to build a ranking of efficiency for 112 IHE's at a national level.

Finally, it was found that the average efficiency of IHE's analyzed is 0.44; also, no evidence was detected that neither high quality accreditation, nor the type of institution, nor its legal nature could be statistically significant to determine the production efficiency of the IHE's.

Keywords: stochastic frontiers, efficiency, higher education.

Introducción

La educación es uno de los instrumentos más poderosos para reducir la pobreza y la desigualdad y sienta las bases para un crecimiento económico sostenido (Unesco, 2015); por ello, es uno de los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio, fruto de la Declaración del Milenio a nivel mundial aprobada por los Estados miembros de las Naciones Unidas en 2000. El Objetivo 2 plantea la necesidad de lograr la enseñanza primaria universal, que es la base para los grandes retos en la educación superior, que garantiza el desarrollo de los países.

Según el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (en adelante MEN), la educación se define como un “Proceso de formación permanente, personal, cultural y social, que se fundamenta en una concepción integral de la persona humana, de su dignidad, de sus derechos y de sus deberes” (MEN, 2009). La educación no solo permite la formación de capital humano, sino que también es una alternativa para la producción y transmisión de conocimiento, una promotora del cambio tecnológico, un mecanismo para la movilidad social y un motor de la economía.

El sistema de educación superior en Colombia ha progresado notoriamente durante la última década. La tasa de matrículas se ha duplicado y un número creciente de jóvenes de hogares de bajos ingresos ha ingresado a la educación superior. Se han adoptado medidas importantes para desarrollar el aseguramiento de calidad. El país debe continuar mejorando la calidad y pertinencia de la educación superior y a la vez atraer mayor número de estudiantes (OCDE, 2016: 268). Ahora bien, se evidencia que las instituciones de educación superior (en adelante IES) enfrentan numerosos retos y, como cualquier empresa, buscan la asignación eficiente de sus recursos tanto humanos como físicos y financieros. Asimismo, esta asignación en las instituciones se refleja en su nivel de calidad; por consiguiente, el objetivo de este trabajo es evaluar el nivel de eficiencia de las IES colombianas a través de indicadores financieros y estadísticos.

Siendo las IES unas entidades sin ánimo de lucro, esto implica que las utilidades que obtengan se deben reinvertir en el objeto social para el cual están destinadas. Si hacen un buen uso de los recursos financieros, pueden mejorar sus capacidades técnicas, académicas, administrativas y de infraestructura, y también mejorar en los indicadores anteriormente citados.

Se entiende por *eficiencia* el logro de objetivos trazados al menor costo y tiempo posibles, sin malgastar recursos y con el máximo nivel de calidad factible; es importante resaltar que el nivel de eficiencia también dependerá de la dotación de recursos y las posibilidades en el entorno (Ganga Contreras *et al.*, 2014: 131).

Ahora bien: las dos formas más utilizadas para medir la eficiencia son el análisis envolvente de datos (*data envelopment analysis*, en adelante DEA) y el análisis de las fronteras estocásticas (*stochastic frontier analysis*, en adelante SFA). La principal diferencia entre estas dos metodologías radica en que el DEA, desarrollado por Charnes, Cooper y Rhondes en 1978, es un método no paramétrico que por medio de programación lineal evalúa

la eficiencia de un conjunto de datos *inputs* (entradas) y *outputs* (salidas), que genera una frontera eficiente en el sentido de Pareto.¹ Por otro lado, el SFA es la capacidad de obtener un máximo beneficio con una cantidad determinada de insumos y tecnologías, es decir, determinar una función de producción en la cual se mide la distancia entre las observaciones y el valor óptimo que predice el modelo (Battese y Coelli, 1995).

En este trabajo se opta por utilizar el método de SFA tal como lo establecieron Scippacercola y Sepe en su artículo acerca de los principales componentes de análisis para *rankings* de eficiencia mediante SFA y DEA (2014), donde concluyen que, a la luz de los datos, por el primero se obtienen unos resultados más sólidos que por el segundo, porque el SFA permite estimar una función de producción y establecer varios modelos cambiando la variable dependiente hasta el punto de identificar el modelo con mayor relevancia o aceptación estadística. Los objetivos de este trabajo, entonces, están alineados a la conclusión de estos autores y a la metodología por medio de fronteras estocásticas.

Para su desarrollo se seleccionaron datos estadísticos y financieros, entre 2009 y 2014, de 112 universidades públicas, privadas, acreditadas y no acreditadas en Colombia. El suministro de información es una recopilación de diversas fuentes como la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales de Colombia (Dian), el MEN, el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación Superior (Icfes), el Instituto Colombiano de Crédito Educativo y Estudios Técnicos en el Exterior (Icetex), el OLE (Observatorio Laboral para la Educación) y las instituciones involucradas, entre otras.

Una vez, seleccionados los datos, se hallaron los coeficientes de eficiencia técnica para cada IES, se estableció la frontera eficiente y se procedió a generar un *ranking* de IES por medio de la metodología de SFA (método paramétrico), con el fin de identificar y diferenciar si existen factores de entorno que afectan la eficiencia entre ellas.

¹ Se entiende un *óptimo de Pareto* como una asignación factible $((X^a, Y^a), (X^b, Y^b))$ de una economía competitiva si no existe otra asignación factible $((X^{a'}, Y^{a'}), (X^{b'}, Y^{b'}))$ tal que $U^i(X^{i'}, Y^{i'}) \geq U^i(X^i, Y^i)$ para todo i , y $U^j(X^{j'}, Y^{j'}) > U^j(X^j, Y^j)$ para algún j (Lozano, Villa y Monsalve, 1999).

1 La educación superior en Colombia

El sistema de educación superior en Colombia es particularmente complejo, con una gran variedad de proveedores y múltiples programas de distintos niveles y duraciones.

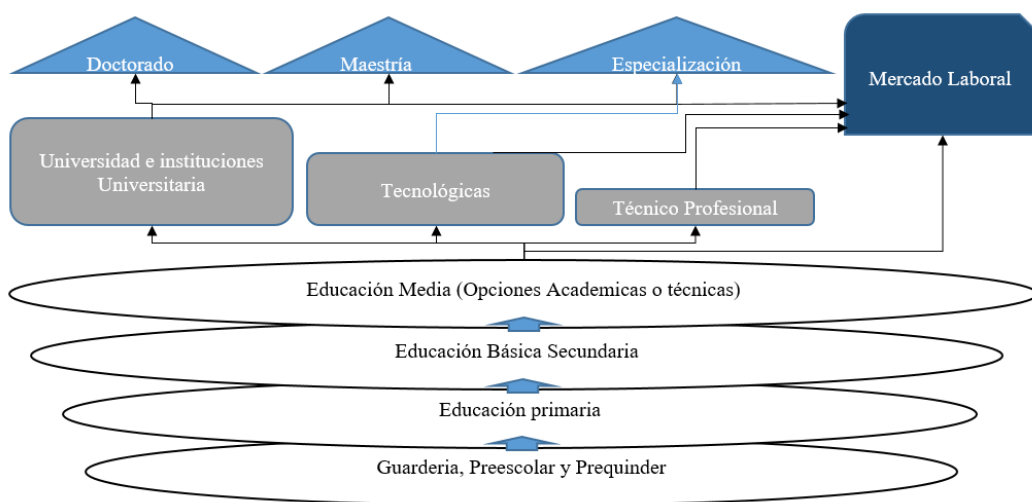
La educación superior se imparte en dos niveles: pregrado y posgrado. El nivel de pregrado tiene, a su vez, tres niveles de formación: técnico profesional (relativo a programas técnicos profesionales), tecnológico (relativo a programas tecnológicos) y profesional (relativo a programas profesionales universitarios).

Por otro lado se encuentra la educación de posgrado, que comprende los siguientes niveles: especializaciones (relativas a programas de especialización técnica profesional, especialización tecnológica y especializaciones profesionales), maestrías y doctorados.

A los programas formales de pregrado pueden acceder aquellas personas que acrediten el título de bachiller y el examen de Estado: la prueba oficial obligatoria que presentan los egresados de la educación media y aspiran a continuar con estudios de educación superior (MEN, 2016).

La Figura 1 muestra la estructura del sistema educativo colombiano.

Figura 2. Estructura del sistema educativo colombiano



Fuente: elaboración de los autores a partir de Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, OCDE (2016).

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, OCDE (2016), existen 288 IES en Colombia, de las cuales el 28 % son universidades, es decir, instituciones que ofrecen programas académicos de pregrado y posgrado; el 42 % son instituciones universitarias, que ofrecen programas de pregrado y especializaciones, mas no maestrías; el 18 % está conformado por instituciones tecnológicas, que ofrecen programas

técnicos y tecnológicos; y, finalmente, el 13 % lo representan instituciones técnicas profesionales, que ofrecen programas de formación profesional para trabajos u ocupaciones. Todo ello está definido por la Ley 30 de 1992 (Colombia, Congreso de la República: 1992) y la Ley 115 de 1994 (Colombia, Congreso de la República: 1994).

La Tabla 1 muestra el carácter de las IES.

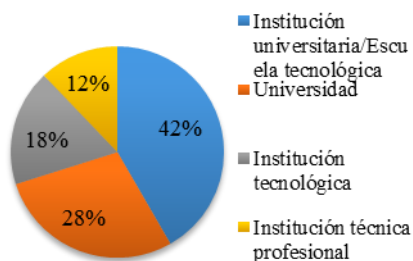
Tabla 1. Carácter de las IES

Carácter	Oficial	No oficial	Régimen especial	Total
Universidad	31	50	1	82
Institución universitaria	16	92	12	120
Institución tecnológica	6	39	6	51
Institución técnica	9	26		35
Totales	62	207	19	288

Fuente: MEN, Sistema de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior, SACES (s. f.).

El Gráfico 1 muestra los porcentajes de participación por carácter de las IES.

Gráfico 1. Porcentajes de participación por carácter de las IES

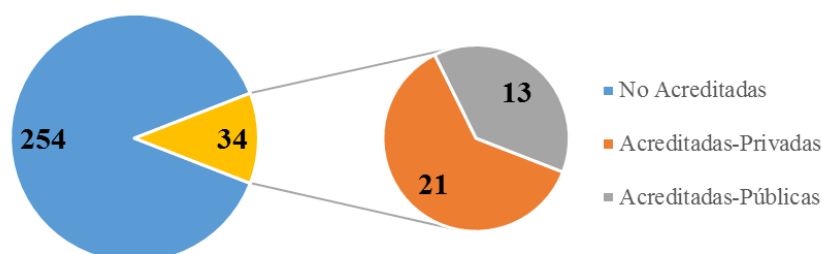


Fuente: elaboración de los autores a partir de MEN, Sistema de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior, SACES (s. f.).

Las universidades se pueden clasificar en acreditadas y no acreditadas en alta calidad. Según el Consejo Nacional de Acreditación (en adelante CNA), la acreditación es un reconocimiento por parte del Estado de la calidad de las IES y de sus programas académicos. Este reconocimiento se da principalmente para orientar hacia un ideal de excelencia, mostrar alta calidad mediante resultados específicos, tradición consolidada, impacto y reconocimiento social (Consejo Nacional de Educación Superior, CESU, 2014). De las 288 IES, solo 34, es decir, el 11.8 %, estaban acreditadas en alta calidad en 2014, y de estas 34, el 61.8 % son privadas y el 38.2 % son públicas (MEN, 2014).

El Gráfico 2 a continuación muestra la naturaleza jurídica y las IES acreditadas.

Gráfico 29. Naturaleza jurídica e IES acreditadas



Fuente: elaboración de los autores a partir de MEN, Sistema Nacional de Información de la Educación Superior, SNIES (s. f.) y MEN, Consejo Nacional de Acreditación, CNA (s. f.).

Según el Sistema de Aseguramiento de la Calidad en Educación Superior (SACES), los programas académicos ofertados en 2014 sumaban un total de 10 508 en todos los niveles de formación, y de estos solo 904 estaban acreditados en alta calidad, es decir, el 8.6 % de la oferta total.

La Tabla 2 muestra los programas académicos por área de conocimiento.

Tabla 2. Programas académicos por área de conocimiento

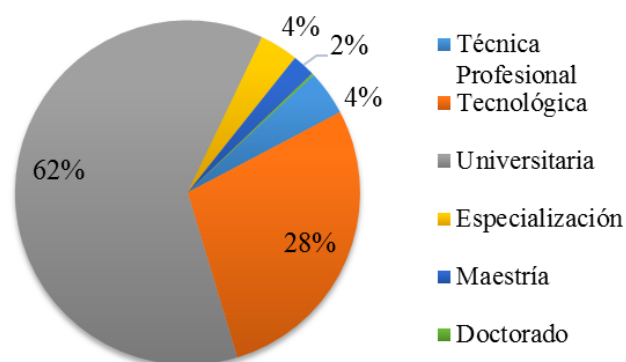
Área del conocimiento	Con registro calificado		De alta calidad (A. C.)	
	Número	% de participación	Número	% de participación
Economía. Administración. Contaduría y afines	2 959	28.2	143	15.8
Ingeniería. Arquitectura. Urbanismo	2 585	24.6	288	31.9
Ciencias Sociales. Derecho y Ciencias Políticas	1 909	18.2	168	18.6
Ciencias de la Salud	1 065	10.1	107	11.8
Ciencias de la Educación	824	7.8	80	8.8
Bellas Artes	490	4.7	41	4.5
Matemática y Ciencias Naturales	388	3.7	52	5.8
Agronomía, Veterinaria y afines	288	2.7	25	2.8
Total	10 508	100	904	100

Fuente: MEN, SACES (s. f.) y CNA (s. f.), con corte a diciembre de 2014.

De los 10 508 programas, el 81.1 % hace referencia a áreas de conocimiento como Ingeniería, Arquitectura, Urbanismo, Ciencias Sociales, Derecho, Ciencias Políticas, Ciencias de la Salud, Economía, Administración, Contaduría y afines, entre otras. De este total, el 8.6 % están acreditados en alta calidad. En cuanto a las áreas de conocimiento, las que presentan el mayor índice de programas de alta calidad frente al número de registros calificados son Matemática y Ciencias Naturales (13.4 %), seguida por Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo (11.1 %) y Ciencias de la Salud (10.05 %).

El Gráfico 3 a continuación muestra el porcentaje de participación en el total de la matrícula por nivel de formación.

Gráfico 3. Porcentaje de participación en el total de la matrícula por nivel de formación



Fuente: MEN, SACES (s. f.) y CNA (s. f.), con corte a marzo de 2013.

Del total de ingresos por matrículas en 2013, el 62 % pertenece al nivel de formación universitaria, seguido por las tecnologías con el 28 % y la técnica profesional con el 4.2 %. Si se analizan estos porcentajes de participación desde un punto de vista histórico, se observa que la formación tecnológica ha venido incrementando su porcentaje de participación dentro del total de las matrículas (MEN, 2014).

2 Revisión bibliográfica

Para la elaboración de este estudio se realizó el levantamiento del estado del arte referente a la medición de la eficiencia principalmente en el sector educativo y otros sectores tales como metalmecánico, textil, salud, entre otros. En esta recopilación se encontró que las metodologías más utilizadas son Fronteras Estocásticas (SFA) y Análisis Envolvente de Datos (DEA). En total se revisaron 50 trabajos los cuales se presentan en la tabla 12 en la sección Anexos. A continuación, en la tabla 3, se presentan los cinco principales estudios analizados enfocado en la metodología utilizada y los resultados obtenidos.

Tabla 3. Referentes de medición de eficiencia considerados

Autores	Año	Metodología / País	Resultados
MEN y OCDE	2016	Informe y definiciones Colombia	<ul style="list-style-type: none"> Referencia importante porque analiza la situación actual del sistema de educación de Colombia, desde su estructura y sus políticas y estadísticas, comparando sus resultados obtenidos con los países miembros de la OCDE.
L. A. Melo B., E. Ramos F. y O. Hernández	2014	SFA Colombia	<ul style="list-style-type: none"> Los resultados indican que existe una respuesta positiva y significativa entre el logro académico y las variables de infraestructura y las asociadas al personal docente. Los resultados igualmente resaltan la importancia de los factores de entorno para explicar el desempeño de las IES. Este fue uno de los trabajos más importantes analizados, por presentar el estado de la educación en Colombia así como una revisión histórica de la misma, aplicar la metodología de SFA teniendo como producto la calidad y considerando variables de entorno y socioeconómicas de cada IES.
Melville L. Mcmillan y Wing H. Chan	2006	SFA y DEA Canadá	<ul style="list-style-type: none"> Utilizan una función de producción Cobb-Douglas y considera dos alternativas: En la primera se asume que los factores ambientales afectan directamente la forma de la tecnología y, por tanto, se incluyen directamente como regresoras en la función de producción; en la segunda se asume que las condiciones ambientales afectan directamente la eficiencia técnica de las unidades productoras. La eficiencia técnica, en promedio, varía entre el 54 y el 80 %. Los resultados de estos modelos indican que el tratamiento de las variables de entorno tiene un impacto importante en el desempeño de los planteles. Los planteles no oficiales se podrían estar beneficiando de condiciones de entorno más favorables si se tiene en cuenta que a estos, en promedio, atienden alumnos de mayores ingresos.
Sergio Scippacercola y Enrica Sepe	2004	SFA y DEA Italia	<ul style="list-style-type: none"> Este trabajo presenta una comparación entre Fronteras Estocásticas y DEA con la misma entrada y variables de salida diferentes. Así como la explicación teórica de ambos modelos
James Jondrow, C. A. Knox Lovell, Ivan S. Materov y Peter Schmidt	1982	SFA Holanda	<ul style="list-style-type: none"> Presentan un método para separar el término de error del modelo de frontera estocástica en sus dos componentes para cada observación. Esto permite estimar el nivel de eficiencia técnica para cada observación en la muestra y elimina gran parte de lo que había sido visto como una desventaja considerable del modelo de frontera estocástica en relación con otros modelos.

Fuente: elaboración de los autores

De los 50 trabajos analizados, 12 son de Colombia y 38 internacionales; 21 utilizan la metodología de Fronteras Estocásticas, 12 utilizan Análisis envolvente de datos, 6 utilizan las ambas metodologías y 11 aplicaron otro tipo de metodologías o fueron trabajos teóricos o recopilatorios.

3 Aproximación teórica y metodología

En este trabajo se acoge la definición de *eficiencia productiva* propuesta por Farrell (1957), que relaciona los conceptos de eficiencia técnica y eficiencia por asignación. De esta manera no solo considera la realización de la mayor cantidad de producto posible, sino además la selección de la mejor combinación de factores. Por tanto, se entenderá por *eficiencia* como la capacidad de producir cualquier bien o servicio a un costo mínimo de forma eficiente y productiva.

Las diferencias que surjan entre ese máximo teórico y lo que realmente producen las IES se conocen como *ineficiencia técnica*. Estas diferencias reflejan que las IES no han maximizado su nivel de producción, es decir, la combinación de insumo y producto no ha alcanzado su nivel máximo de producción. Por tanto, al estimar esta frontera teórica de producción es posible definir los indicadores de eficiencia para la unidad de producción bajo estudio (Acevedo Villalobos y Ramírez Vallejo, 2005).

La definición acogida relaciona una combinación del conjunto de factores que se transforman para generar productos. Para el caso de la educación superior se entiende como *producto* aquello relacionado con su razón social: generar conocimiento y personas competentes (MEN, 2009), que en este trabajo es considerado como el número de graduados en nivel de pregrado y posgrado.

El modelo realizado se hace mediante la metodología de panel de datos buscando solucionar los problemas de los datos de corte transversal expuestos por Schmidt y Sickles (1984), la estimación del término de ineficiencia, que, aunque insesgada, es inconsistente; esto se soluciona con datos de panel, debido a que la ineficiencia técnica de cada productor puede ser estimada consistentemente a medida que el número de observaciones de cada institución aumenta.

Otro problema de los datos transversales identificado por Schmidt y Sickles es la descomposición de la distancia en ruido e ineficiencia, que requiere algunos supuestos como, por ejemplo, que la ineficiencia es independiente de los regresoras, lo cual depende de los contextos. Por otro lado, la estimación vía panel de datos no dispone de supuestos sobre ineficiencia, porque es la misma todo el tiempo. Finalmente, esta metodología no necesita el supuesto de independencia entre la ineficiencia técnica y la variable explicativa.

Los dos principales modelos de panel de datos son el de efectos fijos y el de efectos aleatorios, donde el primero permite dependencia (endogeneidad) entre las regresoras del

modelo y los componentes invariantes en el tiempo del error, mientras que el segundo asume que las regresoras son completamente independientes (exógenas). Como criterio de selección entre un modelo u otro se realiza la prueba de Hausman con los estimadores obtenidos de cada uno de estos modelos.

Un modelo de frontera de producción proporciona un valor predeterminado para los estimadores de los parámetros, con un error que, se supone, es una mezcla de dos componentes que tienen una distribución estrictamente no negativa y simétrica, respectivamente (Kumbhakar y Knox Lovell, 2000).

La especificación teórica de la frontera de producción se presenta en la ecuación 1.

$$Y_t^p = f(C_t^p; T_t^p; Z_t^p) \quad (1)$$

donde:

Y es el producto de cada institución p en cada período t

C representa el vector de insumos de variables financieras

T es el vector de variables de personal

Z corresponde al vector de variables de entorno o ambientales

Para determinar la eficiencia se utiliza la función de producción de Cobb-Douglas, que utiliza dos componentes que, en su forma más básica, está descrita por capital y trabajo, a partir de los cuales se pueden estimar las elasticidades, y donde el término error (ε) entra en el modelo geométricamente. Así, se puede definir la frontera, tal como se presenta en la ecuación 2.

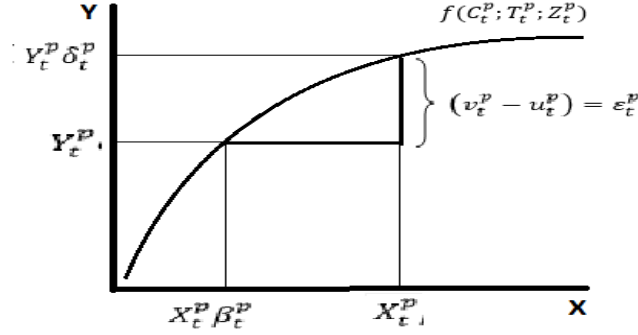
$$\begin{aligned} Y_t^p &= f(x_{1t}^p, x_{2t}^p, \dots, x_{kt}^p; \beta) \exp(v_t^p - u_t^p) \\ \ln Y_t^p &= \alpha + \beta \ln(X_t^p) + V_t^p - U_t^p \end{aligned} \quad (2)$$

donde:

$$(v_t^p - u_t^p) = \varepsilon_t^p$$

El Gráfico 4 muestra la frontera de producción.

Gráfico 4. Frontera de producción



Fuente: elaboración de los autores.

donde:

f es la función de producción en condiciones óptimas con la mejor asignación de recursos disponibles; en este caso, el conjunto de variables C , T y Z .

Tal como lo afirman Melo B., Ramos F. y Hernández S. (2014), la medición de lo denominado como *producto en la educación* es desigual, ya que, contrario a otras actividades productivas donde se crean bienes homogéneos, en el caso de la educación se transforman cantidades fijas de insumos en individuos con diferentes calidades (Hanushek, 1986: 1150).

Por su parte, el vector de insumos X_{kt}^p corresponde al vector de factores, que incluye k variables que aportan información para cada institución p en cada período t sobre la información financiera y de personal de las IES. Luego de haber constatado con el total de variables inicialmente asumidas de la Tabla 4, dentro de las variables financieras (el vector C_{kt}^p) en el modelo final fueron significativos los egresos operacionales y los ingresos por concepto de matrículas. En cuanto a las relacionadas con la de personal (vector T_{kt}^p), en el modelo final fueron significativos el número de docentes de cátedra, el de estudiantes y la relación estudiante docente.

El vector Z_{kt}^p incluye variables de entorno, que representan factores que no afectan directamente la función de producción, pero tienen impacto en el desempeño de las IES. Se tienen en cuenta factores asociados a estas, y se incluyen cuatro variables *dummy*:

- i) Considera la acreditación, que toma el valor de 1 para las IES que están acreditadas y de 0 para las que no lo están.
- ii) Corresponde a la naturaleza jurídica, que toma el valor de 1 para las IES privadas y de 0 para las públicas.

iii) Se refiere a la ubicación geográfica, que toma el valor de 1 para las IES que funcionan en Bogotá, Cali y Medellín, y de 0 para las ubicadas en el resto de las ciudades del país.

iv) Según el carácter de las IES, toma el valor de 1 si son universidades y de 0 si son instituciones técnicas, tecnológicas o universitarias.

Como se muestra en la ecuación 2, se asume que el término error (ε) tiene dos componentes $\varepsilon_t = v_t - u_t$ para una función de producción, siendo v una variable aleatoria y asumiendo que las desviaciones de la frontera no se dan por errores en la medición o por fuera del control de las IES. u , por tanto, es el componente de medición de la ineficiencia; si una IES es completamente eficiente, $u = 0$ y las desviaciones de la frontera son completamente aleatorias (Melo, Ramos y Hernández, 2014: 26).

El modelo finalmente utilizado es la aproximación de Battese y Coelli (1995), en el cual las variables de entorno son una función del término de ineficiencia (u_i), tal como se muestra en la ecuación 3 a continuación.

$$\ln Y_t^p = \beta_0 + \sum_{k=1}^{nC} \beta_k^p \ln C_{k,t}^p + \sum_{k=1}^{nT} \beta_k^p \ln T_{k,t}^p + v_t - u_t, \quad (3)$$

$$u_t \sim N[\delta_0 + \sum_{j=1}^{nZ} \delta_{j,t}^p, Z_{j,t}^p \sigma^2]$$

donde:

nC , nT y nZ son la cantidad de parámetros para los vectores financieros, de personal y de entorno disponibles, respectivamente.

El suministro de información estadística es una recopilación de diversas fuentes como la Dian, el MEN, el Icfes, el Icetex y el OLE, a través de la información publicada por cada institución, para un total de 112 IES. Las variables financieras utilizadas fueron previamente deflactadas a precios de 2008.

La Tabla 4 a continuación muestra las variables del modelo.

Tabla 4. Variables del modelo

	Nemo técnico	Nombre de la variable	Descripción	Signo esperado	Justificación
Variables de entorno	Acr	Acreditadas	Valor de 1 para las IES acreditadas.	Positivo	Los procesos de acreditación de las IES son muestra del cumplimiento en niveles de calidad superior, por lo que se espera que sean más eficientes al estar reconocidas por el Estado.
	Priv	Privadas	Valor de 1 para las IES privadas.	Positivo	Aunque son IES sin ánimo de lucro, su deber como entes privados es generar valor, y para esto deben aprovechar al máximo sus recursos.

	Nemo técnico	Nombre de la variable	Descripción	Signo esperado	Justificación
	Ciud prin	Ciudad principal	Valor de 1 para las IES que funcionan en Bogotá, Cali y Medellín.	Positivo	En las principales ciudades se encuentran la mayor densidad de población y las principales universidades.
	Univ	Carácter de la IES	Hace referencia al carácter de las IES, tomando el valor de 1 para las universidades y de 0 para las instituciones universitarias, técnicas y tecnológicas.	Positivo	El carácter de universidad, por su reconocimiento en el medio, podría ser más eficiente en la producción de personas competentes.

	Nemo técnico	Nombre Variable	Descripción	Signo esperado	Justificación
Variables de personal	Prof	Docentes	Se cuenta con información del total de docentes desagregado en docente de planta y docentes de cátedra.	Negativo	Las IES que utilizan menos docentes son más eficientes
	Est	Estudiantes	Se cuenta con información del total de estudiantes en pregrado y posgrado.	Positivo	Esta variable presenta una relación directa con el número de graduados.
	Est_doc	Estudiantes/ Docentes	Relaciona el número de estudiantes por cada docente.	Negativo	Este es un <i>proxy</i> relacionado con la calidad, a mayor cantidad de docentes se las IES serían más competentes en la producción de personas competentes.

	Nemo técnico	Nombre de la variable	Descripción	Signo esperado	Justificación
Variables financieras	Act	Activos	Es un bien que se posee y puede convertirse en dinero u otros medios líquidos equivalentes.	Positivo	A mayores activos, más estudiantes deben graduar, es decir, mayor capacidad de convertirlos en liquidez.
	Ps	Deuda	Compromiso que supone una obligación contractual.	Negativo	Cada vez se debe producir menos liquidez con recursos de terceros.
	Pt	Patrimonio	Conjunto de bienes que pertenecen a una persona, ya sea natural o jurídica.	Positivo	Los bienes pertenecientes a las IES deberían traducirse en mayor liquidez, es decir, en eficiencia.
	Ing	Ingresos operacionales	Relación directa con la producción de un bien o servicio que constituye el objeto social de las universidades.	Positivo	Mientras más eficientes sean las IES, mayores ingresos para desarrollar su objeto social.
	Matr	Ingresos matrícula	Principal fuente de ingreso directamente relacionado con el objeto social de las IES.	Positivo	Mientras más eficientes sean las IES, mayores ingresos por matrículas para desarrollar su principal fuente de ingreso.
	Uop	Utilidad operacional	Es el resultado relacionado del ejercicio con la actividad principal de las IES.	Positivo	Mientras más eficientes sean las IES, mejores resultados para desarrollar su objeto social.
	Egr_op	Egresos operacionales	Es la salida de recursos relacionado con la actividad principal de las IES.	Positivo	A mayores egresos, mayor eficiencia en cuanto a número de graduados en cada IES si se aprovechan los recursos.
	Ut	Utilidad neta	Factor de reinversión	Positivo	Mientras más eficientes sean las IES, mejores resultados financieros después de cumplir con todas sus obligaciones financieras y estatales.
	Gadmin	Gasto administrativo	Salidas de dinero relacionada con las actividades de administrativas.	Negativo	Las IES que utilizan menos recursos en el manejo administrativo son más eficientes.
	Gdoc	Gasto docencia	Salidas de dinero relacionada con actividades académicas.	Negativo	Las IES que utilizan menos recursos relacionados con actividades académicas son más eficientes.
	Mrop	Margen operación	Es el resultado relacionado del ejercicio con la actividad principal de las IES respecto a los ingresos.	Positivo	La IES con mejores resultados relacionados entre su actividad principal y los ingresos son más eficientes.

Fuente: elaboración de los autores.

4 Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a partir de la ecuación 3. Se parte de una especificación que incluye todas las variables descritas en la Tabla 5 y con las expectativas de los signos reportados allí. El modelo final para el cual las variables explicativas tienen un nivel de significancia igual o inferior al 5 % se muestra en la ecuación 4. El modelo de panel de datos finalmente utilizado fue el de efectos fijos, determinado tras realizar las pruebas de Breusch-Pagan y Hausman, cuyos resultados e interpretaciones se presentan en las Tablas 10 y 11 de la sección Anexos.

$$\ln Grad = \beta_0 + \beta_1 \ln\left(\frac{Est}{Doc}\right) + \beta_2 \ln(Prof\ cat) + \beta_3 \ln(Egre\ oper) + \beta_4 \ln(Ing\ matr) + \varepsilon \quad (4)$$

Luego de extraer el valor esperado de u del modelo anterior, se realiza una regresión lineal con el vector de variables de entorno para encontrar los factores puedan explicar u , quedando definida la regresión para los determinantes de la eficiencia productiva, tal como se muestra en la ecuación 5.

$$u_t = \delta_0 + Acr + \delta_2 Priv + \delta_3 Univ + \delta_4 Ciud_{prin} + \varepsilon_t \quad (5)$$

Los resultados de las regresiones anteriores se presentan en Tabla 5.

Tabla 5. Resultados del modelo

	Coefficiente	Desviación estándar	T	Signo esperado
β_0 Constante	-0.075	0.862	-1.25	
β_1 Estudiantes	-0.216	0.061	-3.53	-
β_2 Docentes	0.227	0.088	2.56	+
β_3 Estudiantes totales	-0.102	0.028	-3.59	-
β_4 Profesores cátedra	0.644	0.096	6.66	+
β_5 Egresos operacionales	0.027	0.006	-1.25	+
β_5 Ingresos por matrículas				
δ_0 Constante	0.444	0.036	12.29	
δ_1 Acreditadas	-0.038	0.032	-1.16	+
δ_2 Privadas	0.021	0.031	0.69	+
δ_3 Ciudad principal	0.029	0.031	0.96	+
δ_4 Caracter de las IES	-0.038	0.031	-1.24	+

Fuente: elaboración de los autores.

Los signos de los coeficientes de las variables “insumos” resultantes en el modelo son los esperados en la estimación. El número de estudiantes, los egresos operacionales y los

ingresos por matrícula tienen un impacto positivo sobre los resultados de la variable endógena. Y el número de profesores de cátedra y la relación estudiante docente tienen un impacto negativo sobre los resultados del número de graduados de las IES.

Para los coeficientes de las variables “entorno”, los signos esperados son todos positivos. Y para el factor “acreditadas” y “carácter universitario”, el valor resultante es negativo, es decir, tiene un impacto negativo sobre los resultados en la eficiencia productiva obtenida. A pesar de los resultados anteriores, este modelo no es concluyente para explicar la eficiencia productiva, porque estadísticamente el resultado no fue significativo. Por lo anterior, la eficiencia productiva de las IES está determinada por factores internos de las instituciones, no por factores externos.

Cuando se relacionan los egresados (potenciales) en frontera eficiente con los egresados reales de 2014, se nota que es coherente con el hecho de que el error sea considerado geométrico dentro de una función Cobb-Douglas (v. Gráfico 5 en la sección Anexos).

Comparando la cantidad de egresados de 2014 contra la cantidad de egresados que pudieron haber sido en frontera eficiente, se concluye que a mayor cantidad de egresados se encuentra una mayor proporción respecto de la frontera eficiente. Si se agrupa la eficiencia obtenida según los factores de entorno, se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Resultados de eficiencia agrupado por las variables de entorno

		Eficiencia promedio	Desviación estándar	Eficiencia mínima	Eficiencia máxima
Naturaleza jurídica	Pública	0.420	0.141	0.252	0.866
	Privada	0.454	0.151	0.057	0.873
Acreditación	No acreditada	0.452	0.158	0.057	0.873
	Acreditada	0.423	0.118	0.245	0.738
Carácter	Instituciones técnicas, tecnológicas y universitarias	0.458	0.189	0.057	0.873
	Universidades	0.434	0.113	0.245	0.738
	Otras ciudades	0.399	0.110	0.057	0.652
Ubicación geográfica	Ciudades principales	0.468	0.160	0.124	0.873
	Total	0.443	0.148	0.057	0.873

Fuente: elaboración de los autores.

En cuanto a la naturaleza jurídica, son más eficientes las IES privadas que las IES públicas; sin embargo, las IES privadas presentan una desviación estándar más alta. Llama la atención que las IES no acreditadas son en promedio más eficientes que las acreditadas. De la misma manera, las IES que son instituciones técnicas, tecnológicas o universitarias son

más eficientes que las denominadas universidades, aunque las primeras presentan una desviación estándar más alta. Finalmente, y como era de esperarse, las IES ubicadas en ciudades como Bogotá, Cali o Medellín son en promedio más eficientes que las ubicadas en otras ciudades de Colombia.

En la Tabla 7 se presenta el *ranking* de las diez IES más eficientes según el modelo estimado. El *ranking* completo de las 112 IES analizadas se presenta en la Tabla 8 de la sección Anexos.

Tabla 7. *Ranking* de eficiencia. Primeras diez IES

Posición	IES	Eficiencia
1	Corporación Universitaria de Ciencia y Desarrollo, Uniciencia	0.872
2	Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, ETITC	0.865
3	Tecnológico de Antioquia	0.827
4	Fundación Centro Colombiano de Estudios Profesionales	0.826
5	Universidad EIA	0.737
6	Corporación Unificada Nacional de Educación Superior, CUN	0.737
7	Fundación Universitaria Uninpahu	0.734
8	Universidad Católica de Colombia	0.706
9	Fundación Universitaria María Cano	0.705
10	Universidad EAN	0.686

Fuente: elaboración de los autores.

El modelo muestra que, en promedio, las 112 IES analizadas tienen una eficiencia del 44.32 %. Si se analizan los resultados de eficiencia por percentiles (v. Tabla 9 en la sección Anexos) se encuentra que el 5 % de las IES presentaron una eficiencia por debajo del 25.65 % y otro 5 % una eficiencia por encima del 73.6 %.

Finalmente se encuentra que el 50 % de las IES tiene una eficiencia de entre el 34.8 y el 51.07 %.

4 Conclusiones

En este trabajo se presenta una breve descripción de la estructura y composición de la educación superior en Colombia y se determinan los niveles de eficiencia productiva para una muestra de 112 IES, con variables financieras, de personal y de entorno para el período 2009-2014, utilizando técnicas de SFA y de panel de datos.

La eficiencia se estima mediante una función de producción del tipo Cobb-Douglas para el número de graduados de pregrado y posgrado, conforme con el objetivo planteado de las IES por parte del MEN. El resultado de eficiencia para la muestra varía entre 0.057 y 0.873, donde el valor de 1 corresponde a la eficiencia productiva máxima teórica. Para la muestra se obtuvo una eficiencia productiva media de 0.443.

Al parecer, la selección de la función Cobb-Douglas muestra buenos resultados, tal como lo recomiendan los trabajos revisados. Para el caso colombiano se recomienda el uso de esta función, ya que en este caso se cumple con el hecho de que los residuales del panel de datos estimado presentan características geométricas.

Al intentar explicar la eficiencia productiva obtenida mediante las variables de entorno se encuentra que estas no son estadísticamente significativas en los resultados obtenidos por las IES; por tanto, su ineficiencia se debe principalmente a factores aún no determinados en esta investigación, que allanan el camino para nuevos trabajos en esta línea. Además, no se halló evidencia suficiente para inferir que la acreditación en alta calidad de las IES sea uno de los determinantes de su eficiencia; esta misma situación se presenta con la clasificación definida por la ley colombiana: universidades, instituciones universitarias, técnicas o tecnológicas.

A partir de los resultados de este trabajo se abre la posibilidad de profundizar en el estudio de la eficiencia de las IES en Colombia incluyendo otros factores en el estudio como el tamaño de las IES o sus diferentes segmentos o categorías.

Referencias

- Acevedo Villalobos, M. C. y Ramírez Vallejo, J. (2005). Diferencias regionales en la eficiencia técnica del sector confecciones en Colombia: un análisis de fronteras estocásticas. *Innovar*, 15(26), 90-105, julio-diciembre. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-50512005000200006
- Agasisti, T. y Johnes, G. (2009). Beyond frontiers: comparing the efficiency of higher education decision-making units across more than one country. *Education Economics*, 17(1), 59-79. Disponible en <http://eprints.lancs.ac.uk/45008/1/10.pdf>
- Battese, G. E. y Coelli, T. J. (1995). A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*, 20, 325-332. Disponible en <http://pages.stern.nyu.edu/~wgreene/FrontierModeling/Reference-Papers/Battese-Coelli-1995.pdf>
- Colombia, Congreso de la República (1992, 28 de diciembre). *Ley 30: Por la cual se organiza el servicio público de la educación superior*. Bogotá: Diario Oficial 40700. Disponible en <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=253>
- Colombia, Congreso de la República (1994, 8 de febrero). *Ley 115: Por la cual se expide la Ley General de Educación*. Bogotá: Diario Oficial 41214. Disponible en <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=292>
- Colombia, Consejo Nacional de Educación Superior, CESU (2014). *Acuerdo 03 de 2014: Por el cual se aprueban los lineamientos para la acreditación institucional*. Bogotá: Consejo Nacional de Acreditación, CNA. Disponible en http://www.cna.gov.co/1741/articles-186370_acuerdo_03_2014.pdf
- Colombia, Ministerio de Educación Nacional, MEN (2009, 20 de julio). *¿Qué es la educación superior?* Disponible en <http://www.mineduacion.gov.co/1621/article-196477.html>
- Colombia, Ministerio de Educación Nacional, MEN (2014, 30 de noviembre). *Estadísticas de educación superior*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional. Disponible en: http://www.mineduacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/articles-212350_Estadisticas_de_Educacion_Superior_.pdf
- Colombia, Ministerio de Educación Nacional, MEN (2016). *Revisión de políticas nacionales*. París: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, OCDE. Disponible en http://www.oecd-ilibrary.org/education/revision-de-politicas-nacionales-de-educacion_1990021x
- Colombia, Ministerio de Educación Nacional, MEN (s. f.). Consejo Nacional de Acreditación, CNA. Sitio web <http://www.mineduacion.gov.co/1621/article-196486.html>

- Colombia, Ministerio de Educación Nacional, MEN (s. f.). Sistema de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior, SACES. Sitio web <http://www.mineduacion.gov.co/1759/w3-article-156291.html>
- Colombia, Ministerio de Educación Nacional, MEN (s. f.). Sistema Nacional de Información de la Educación Superior, SNIES. Sitio web <http://www.mineduacion.gov.co/1759/w3-article-156293.html>
- Donoso D., S., Aguirre G, M., Espinoza B., C., Manríquez G., P. y Silva C., M. (1999). Análisis de la eficiencia de la educación básica mediante el método de fronteras estocásticas de producción: el caso de la comuna de Talca. *Estudios Pedagógicos*, 25, 21-49. Disponible en http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07051999000100002
- Dufrechou, P. A. (2016). The efficiency of public education spending in Latin America: A comparison to high-income countries. *International Journal of Educational Development*, 49, 188-203, julio.
- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General)*, 120(3), 253-290.
- Ganga Contreras, F., Cassinelli Capurro, A., Piñones Santana, M. A. y Quiroz Castillo, J. (2014). El concepto de eficiencia organizativa: una aproximación a lo universitario. *Líder*, 25, 126-150. Disponible en http://ceder.ulagos.cl/lider/images/numeros/25/5_Ganga.pdf
- Hernández Falcón, D. de la C., Vargas Jiménez, A., Almuiñas Rivero, J. L. y García Cuevas, J. L. (2015). Los indicadores actuales de la eficiencia académica: necesidad de su perfeccionamiento. *Pedagogía Universitaria*, 20(3), 53-62. Disponible en http://cvi.mes.edu.cu/peduniv/index.php/peduniv/article/view/690/pdf_65
- Hopkins, D. S. (1990). The Higher Education Production Function: Theoretical Foundations and Empirical Finding. Capítulo 1 en *The Economics of American Universities*, Stephen A. Hoenack y Eileen L. Collins (eds.). Albany: State University of New York Press. Disponible en <http://www.sunypress.edu/pdf/50215.pdf>
- Iregui, A. M., Melo, L. y Ramos, J. (2007). Análisis de eficiencia de la educación en Colombia. *Revista de Economía del Rosario*, 10(1), 21-41, junio. Disponible en http://www.urosario.edu.co/economia/documentos/v10n1_iregui_melo_ramos/
- Kumbhakar, S. C. y Knox Lovell, C. A. (2000). *Stochastic Frontier Analysis*. Reino Unido y Estados Unidos: Cambridge University Press. Disponible en <http://catdir.loc.gov/catdir/samples/cam032/99031297.pdf>
- Lozano, F., Villa, E. y Monsalve, S. (1999). Competencia perfecta: equilibrio walrasiano y óptimo de Pareto. Capítulo 1 en S. Monsalve, *Introducción a los conceptos de equilibrio en economía*, pp. 13-94. Bogotá: Universidad Nacional.
- Melo B., L. A., Ramos F., J. E. y Hernández S., P. O. (2014). La educación superior en Colombia: situación actual y análisis de eficiencia. *Borradores de Economía*, 808, 1-50.

- Montoya Suárez, O. y Soto Mejía, J. (2011). Estimación de la eficiencia técnica de las economías de los departamentos cafeteros de Colombia aplicando la función Cobb-Douglas translogarítmica con fronteras estocásticas y datos de panel. *Scientia Et Technica*, 1(47), 83-88. Disponible en <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/567/303>
- Moreira, V. H., Bravo-Ureta, B. E., Carrillo, B. L. y Vásquez, J. A. (2006). Medidas de eficiencia técnica para pequeños productores de leche del sur de Chile: Un análisis con fronteras estocásticas y datos de panel desbalanceado. *Archivos de medicina veterinaria*, 38(1), 25-32. Disponible en http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X2006000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Navarro España, J. L., Maza Ávila, F. y Viana Barceló, R. (2011). La eficiencia de los hospitales colombianos en el contexto latinoamericano. Una aplicación de análisis envolvente de datos (DEA) en un grupo de hospitales de alta complejidad, 2009. *Ecós de Economía*, 15(33), 71-93, julio-diciembre. Disponible en <file:///C:/Users/Juan%20Arango/Desktop/Dialnet-LaEficienciaDeLosHospitalesColombianosEnElContexto-3974980.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Unesco. (2015). *Podemos erradicar la pobreza. Objetivos de desarrollo del milenio y más allá de 2015*. París: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Unesco. Disponible en <http://www.un.org/es/millenniumgoals/>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, OCDE (2016, 5 de febrero). *Revisión de Políticas Nacionales de Educación: La educación en Colombia*. París: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Disponible en http://www.oecd-ilibrary.org/education/revision-de-politicas-nacionales-de-educacion_1990021x
- Schmidt, P. y Sickles, R. C. (1984). Production Frontier and Panel Data. *Journal of Business & Economic Statistics*, 2(4), 367-374, octubre. Disponible en http://pages.stern.nyu.edu/~wgreene/FrontierModeling/Reference-Papers/Schmidt-Sickles-JBES84-PanelSF_FE.pdf
- Scippacercola, S. y D'Ambra, L. (2014). Estimating the Relative Efficiency of Secondary Schools by Stochastic Frontier Analysis. *Procedia Economics and Finance*, 17, 79-88. Disponible en http://ac.els-cdn.com/S2212567114008818/1-s2.0-S2212567114008818-main.pdf?_tid=ebc1102c-5c2c-11e6-85a4-00000aacb362&acdnat=1470526048_522611db269e6d6effd1ddb1c72cc55e
- Scippacercola, S. y Sepe, E. (2014). Principal component analysis to ranking technical efficiencies through stochastic frontier analysis and DEA. *Journal of Applied Quantitative Methods*, 8(4), 1-9, invierno. Disponible en http://www.jaqm.ro/issues/volume-9,issue-4/pdfs/1_SCIPPACERCOLA_SEPE.pdf
- Ueasin, N., Liao, S.-Y. y Wongchai, A. (2015). The Technical Efficiency of Rice Husk Power Generation in Thailand: Comparing Data Envelopment Analysis and Stochastic

Frontier Analysis. *Energy Procedia*, 75, 2757-2763, agosto. Disponible en http://ac.els-cdn.com/S1876610215012862/1-s2.0-S1876610215012862-main.pdf?_tid=ff5739b2-5c2d-11e6-97b7-00000aacb361&acdnat=1470526510_a72adcf0a6cc78bb45bbada9e5bfdfde

Valderrama Santibáñez, A. L., Neme Castillo, O. y Ríos Bolívar, H. (2015). Eficiencia técnica en la industria manufacturera en México. *Investigación Económica*, 74(294), 73-100, diciembre. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S018516671500051X>

Bibliografía

- Abdallah, Z. M., Amin, M. A., Sanusi, N. A. y Kusairi, S. (2014). Impact of Size and Ownership Structure on Efficiency of Commercial Banks in Tanzania: Stochastic Frontier Analysis. *International Journal of Economic Perspectives*, 8(4), 66-76 diciembre.
- Altamirano-Corro, A. y Peniche-Vera, R. (2013). Measuring the Institutional Efficiency Using DEA and AHP: the Case of a Mexican University. *Journal of Applied Research and Technology*, 12(1), febrero. Disponible en <http://www.elsevier.es/en-revista-journal-applied-research-technology-jart-81-articulo-measuring-institutional-efficiency-using-dea-S1665642314716062?redirectNew=true>
- Apurba, S. y Spiro E., S. (2015). Endogeneity corrected stochastic production frontier and technical efficiency. *American Journal of Agricultural Economics*, 97(3), 939-952.
- Buchelli Lozano, G. y Marín Restrepo, J. J. (2012). Estimación de la eficiencia del sector metalmecánico en Colombia: análisis de la frontera estocástica. *Cuadernos de Economía*, 21(58), 257-286, julio-diciembre. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=282125048011>
- Buela-Casal, G., Bermúdez, M. P., Sierra, J. C., Quevedo-Blasco, R., Castro, Á. y Guillén-Riquelme, A. (2011). *Ranking* de 2010 en producción y productividad en investigación de las universidades públicas españolas. *Psicothema*, 23(4), 527-536. Disponible en <http://www.psicothema.es/pdf/3918.pdf>
- Cáceres V., H., Kristjanpoller R., W. y Tabilo A., J. (2013). Análisis de la eficiencia técnica y su relación con los resultados de la evaluación de desempeño en una universidad chilena. *Innovar*, 24(54), 199-217, octubre-diciembre. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/818/81832222014.pdf>
- Canay, I. A. (2001). *Fronteras de Eficiencia Estocásticas: Comparación Internacional de Distribuidoras Eléctricas* [ponencia]. Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires, Seminario de Integración y Aplicación: Licenciatura en Economía. Disponible en http://www.econ.uba.ar/www/departamentos/matematica/plan97/econometria/urbisaia2/archive/fronteras_de_eficiencia_estocasticas.pdf
- Cassinelli Capurro, A., Piñones Santana, M. A. y Ganga Contreras, F. (2014). El concepto de eficiencia organizativa: una aproximación a lo universitario. *Líder*, 25, 126-150. Disponible en http://ceder.ulagos.cl/lider/images/numeros/25/5_Ganga.pdf
- Epplé, D. y Romano, R. E. (1998). Competition Between Private and Public Schools. Vouchers, and Peer-Group Effects. *The American Economic Review*, 88(1), 33-62, marzo. Disponible en <http://faculty.smu.edu/millimet/classes/eco7321/papers/epple%20romano.pdf>
- Escobar Pineda, S. y Orduz Perdomo, M. (2013). *Determinantes de la calidad en la educación superior en Colombia* [tesis de maestría]. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Disponible en

- <http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/14853/1/EscobarPinedaStefania2013.pdf>
- Escorcia Caballero, R., Visbal Cadavid, D. y Agudelo Toloza, J. M. (2015). Eficiencia en las instituciones educativas públicas de la ciudad de Santa Marta (Colombia) mediante análisis envolvente de datos. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 23(4), 579-593. Disponible en http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052015000400009
- Flegg, A. T., Allen, D. O., Field, K. y Thurlow, T. W. (2004). Measuring the efficiency of British universities: a multi-period data envelopment analysis. *Education Economics*, 12(3), 231-249, diciembre.
- Greene, W. (2007). The Econometric Approach to Efficiency Analysis. Capítulo 2 en Fried, H. O., Knox Lovell, C. A. y Shelton S. Schmidt, S. S. (eds.), *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Change*. Reino Unido: Oxford Scholarship Online. Disponible en <http://people.stern.nyu.edu/wgreene/StochasticFrontierModels.pdf>
- Hamidi, S. (2016). Measuring efficiency of governmental hospitals in Palestine using stochastic frontier analysis. *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, 14(3), s. p. Disponible en <http://resource-allocation.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12962-016-0052-5>
- Jola S., A. F. (2011). Determinantes de la calidad de la educación media en Colombia: un análisis de los resultados PISA 2006 y del plan sectorial “Revolución Educativa”. *Coyuntura Económica: Investigación Económica*, 41(1), 25-61, junio. Disponible en <http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2012/08/C.-E.-Junio-2011-Determinantes-de-la-calidad-de-la-educaci%C3%B3n-media-en-Colombia.-pp.-25-61.pdf>
- Jondrow, J., Knox Lovell, C. A., Materov, I. S. y Schmidt, P. (1982). On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. *Journal of Econometrics*, 19, 233-238. Disponible en <http://pages.stern.nyu.edu/~wgreene/FrontierModeling/Reference-Papers/JLMS-JE1982-EstimateIneff.pdf>
- Kempkes, G. y Pohl, C. (2010). The efficiency of German universities – some evidence from nonparametric and parametric methods. *Applied Economics*, 42(16), 2063-2079. Disponible en <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00605544/document>
- Laureti, T., Secondi, L. y Biggeri, L. (2014). Measuring the efficiency of teaching activities in Italian universities: An information theoretic approach. *Economics of Education Review*, 42, 147-164, octubre.
- Martín, R. (2008). La medición de la eficiencia universitaria: una aplicación del análisis envolvente de datos. *Formación Universitaria*, 1(2), 17-26. Disponible en <http://www.scielo.cl/pdf/formuniv/v1n2/art04.pdf>
- Mayorga M., M. y Muñoz S., E. (2000). *La técnica de datos de panel: una guía para su uso e interpretación*. San José, Banco Central de Costa Rica.

- Mcmillan, M. y Chan, W. (2006). University Efficiency: A Comparison and Consolidation of Results from Stochastic and Non-stochastic Methods. *Education Economics*, 14(1), 1-30.
- Monkam, N. F. (2014). Local municipality productive efficiency and its determinants in South Africa. *Development Southern Africa*, 31(2), 275-298.
- Mutis, H. y Díaz Torres, G. M. (2005). Eficiencia técnica de los centros educativos distritales en Bogotá, D. C. *Revista de Ingeniería*, 23, 34-41, mayo. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n23/n23a4.pdf>
- Philip, A. S. (2005). A Stochastic Frontier Analysis of English and Welsh Universities. *Education Economics*, 13(4), 355-374, diciembre. Disponible en <http://wp.lancs.ac.uk/efficiencyineducation/files/2014/09/James-Carroll-Efficiency-in-Education.pdf>
- Ramírez, P. E. y Alfaro, J. L. (2013). Evaluación de la eficiencia de las universidades pertenecientes al Consejo de Rectores de las universidades chilenas: resultados de un análisis envolvente de datos. *Formación Universitaria*, 6(3), 31-38. Disponible en <http://www.scielo.cl/pdf/formuniv/v6n3/art05.pdf>
- Somarriba Arechavala, M. N. (2008). *Aproximación a la medición de la calidad de vida social e individual en la Europa comunitaria* [tesis doctoral]. Valladolid: Universidad de Valladolid.
- Vázquez Rojas, A. M. y Pérez-Esparrells, C. (2016). Cambios de la productividad en las universidades públicas españolas, 2002-2009. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 18(1), s. p.
- Worthington, A. C. y Higgs, H. (2011). Economies of scale and scope in Australian higher education. *Higher Education*, 61(4), 387-414, abril.
- Zoghbi, A. C., Rocha, F. y Mattos, E. (2012). Education production efficiency: Evidence from Brazilian universities. *Economic Modeling*, 31, 94-103, marzo.

Anexos

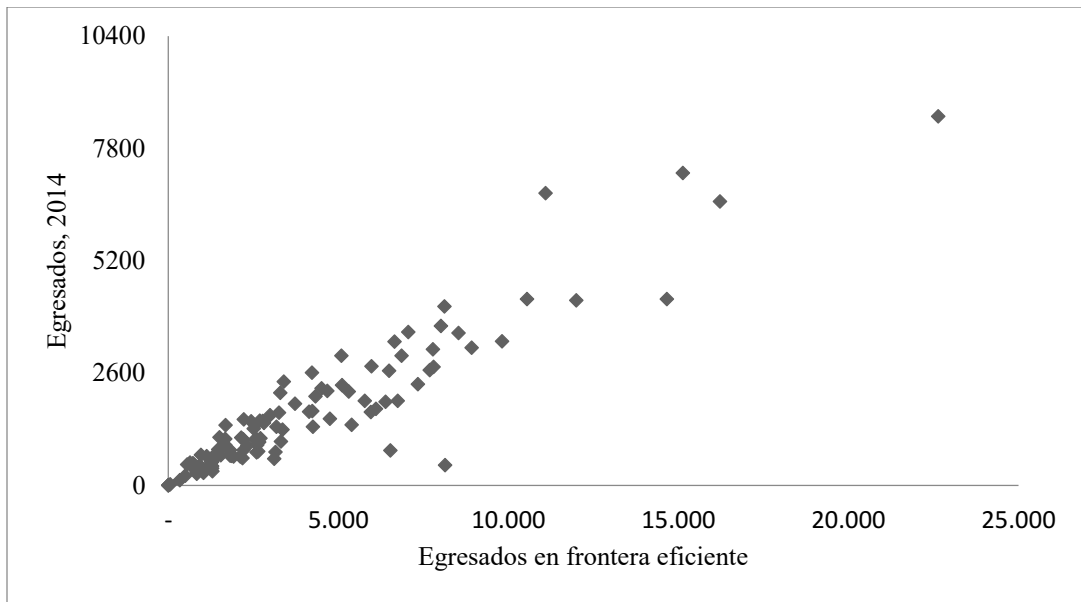
Tabla 8. *Ranking* de eficiencia de las IES de Colombia obtenido con la metodología planteada

Puesto	IES	Eficiencia	Puesto	IES	Eficiencia
1	Corporación Universitaria de Ciencia y Desarrollo, Uniciencia	0.873	57	Universidad El Bosque	0.411
2	Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central	0.866	58	Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito	0.410
3	Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia	0.828	59	Universidad de los Andes	0.409
4	Centro Colombiano de Estudios Profesionales	0.826	60	Universidad Distrital	0.408
5	Universidad EIA	0.738	61	Universidad de Nariño	0.406
6	Corporación Unificada Nacional de Educación Superior, CUN	0.737	62	Corporación Universitaria Rafael Núñez	0.406
7	Fundación Universitaria Uninpahu	0.735	63	Pontificia Universidad Javeriana	0.405
8	Universidad Católica de Colombia	0.706	64	Fundación Universitaria Autónoma de las Américas	0.404
9	Fundación Universitaria María Cano	0.705	65	Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	0.404
10	Universidad EAN	0.686	66	Universidad de la Amazonia	0.404
11	Universidad de Ibagué	0.652	67	Universidad Autónoma de Manizales	0.403
12	Politécnico Internacional	0.643	68	Universidad Incca de Colombia	0.400
13	Universidad Autónoma Latinoamericana, Unaula	0.627	69	Universidad Mariana, Unimar	0.398
14	Universidad Externado de Colombia	0.619	70	Universidad Católica de Oriente	0.393
15	Fundación Universitaria Luis Amigó	0.611	71	Universidad de Cundinamarca	0.384
16	Universidad Libre	0.610	72	Universidad Central	0.378
17	Universidad Autónoma del Caribe	0.602	73	Universidad Nacional de Colombia	0.377
18	Fundación Universitaria Jorge Tadeo Lozano, sede Bogotá	0.590	74	Fundación Universitaria de Popayán	0.376
19	Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco	0.566	75	Universidad Piloto de Colombia, UPC	0.373
20	Universidad del Tolima	0.556	76	Universidad de Sucre	0.371
21	Politécnico Grancolombiano	0.555	77	Institución Universitaria Centro de Estudios Superiores María Goretti, Cesmág	0.368
22	Colegio Mayor de Cundinamarca	0.543	78	Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia	0.368
23	Universidad Antonio Nariño	0.535	79	Fundación Universidad de América	0.357
24	Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte	0.535	80	Universidad Pontificia Bolivariana, UPB	0.357
25	Universidad de Pamplona	0.522	81	Corporación Universitaria Minuto de Dios, Uniminuto	0.357
26	Universidad La Gran Colombia	0.517	82	Universitaria Agustiniiana	0.352
27	Instituto Tecnológico Metropolitano, ITM	0.515	83	Universidad de La Sabana	0.352
28	Universidad Simón Bolívar	0.512	84	Corporación Universitaria de la Costa, CUC	0.349
29	Universidad del Valle, Univalle	0.510	85	Universidad de La Salle	0.347
30	Universidad Manuela Beltrán, UMB	0.507	86	Fundación Universitaria Konrad Lorenz	0.344

Puesto	IES	Eficiencia	Puesto	IES	Eficiencia
31	Universidad Popular del Cesar	0.504	87	Universidad Industrial de Santander, UIS	0.340
32	Fundación Universidad del Norte	0.500	88	Universidad del Pacífico	0.338
33	Fundación Tecnológica Antonio de Arévalo	0.499	89	Universidad Surcolombiana	0.338
34	Fundación Universitaria Agraria de Colombia	0.499	90	Universidad del Cauca	0.324
35	Fundación Universitaria los Libertadores	0.497	91	Universidad Tecnológica de Pereira, UTP	0.319
36	Universidad de los Llanos	0.484	92	Universidad CES	0.319
37	Fundación Universidad Autónoma de Colombia, FUAC	0.483	93	Corporación Universitaria Rémington	0.317
38	Universidad Cooperativa de Colombia	0.478	94	Universidad Autónoma de Occidente, UAO	0.317
39	Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario	0.476	95	Universidad de La Guajira	0.307
40	Colegio de Estudios Superiores de Administración	0.468	96	Universidad Católica de Manizales, UCM	0.305
41	Universidad de San Buenaventura	0.462	97	Universidad ICESI	0.303
42	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, UPTC	0.461	98	Unidad Central del Valle del Cauca, Uceva	0.298
43	Universidad Militar Nueva Granada	0.454	99	Universidad de Antioquia	0.294
44	Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium, Unicatólica	0.452	100	Corporación Universitaria del Huila, Corhuila	0.294
45	Corporación Universitaria del Caribe	0.452	101	Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud, FUCS	0.291
46	Corporación Universitaria Iberoamericana	0.447	102	Universidad del Magdalena	0.290
47	Unidades Tecnológicas de Santander, UTS	0.446	103	Universidad del Sinú	0.288
48	Fundación Universidad del Área Andina	0.442	104	Universidad de Cartagena	0.285
49	Corporación Universitaria Republicana	0.442	105	Institución Universitaria de Envigado, IUE	0.277
50	Universidad de Manizales	0.442	106	Universidad de Caldas	0.260
51	Universidad Santiago de Cali	0.441	107	Universidad del Quindío	0.252
52	Universidad EAFIT	0.438	108	Universidad Sergio Arboleda	0.245
53	Universidad Católica de Pereira	0.427	109	Corporación Universitaria Lasallista	0.228
54	Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, UDCA	0.421	110	Fundación Universitaria Juan N. Corpas	0.196
55	Universidad Autónoma de Bucaramanga	0.415	111	Corporación Universitaria Adventista, UNAC	0.124
56	Universidad Santo Tomás	0.413	112	Fundación Universitaria Juan de Castellanos	0.057

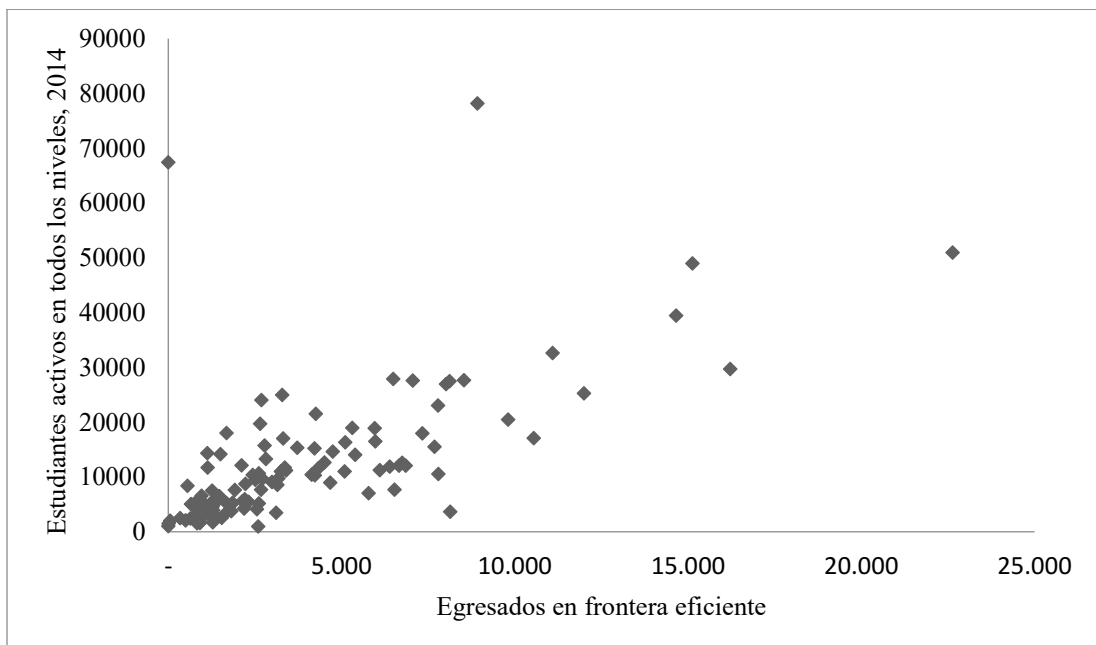
Fuente: elaboración de los autores.

Gráfico 5. Relación entre egresados reales y egresados en frontera eficiente



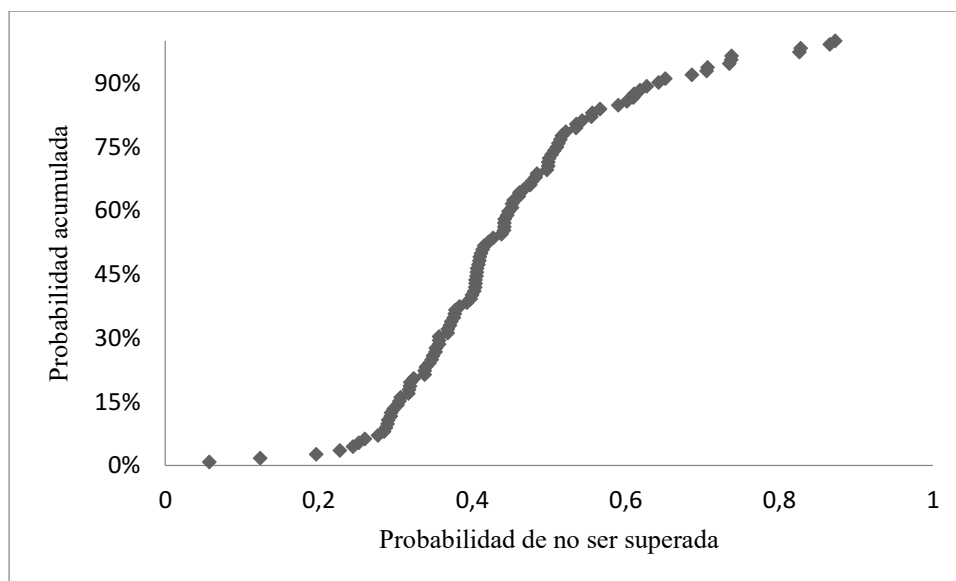
Fuente: elaboración de los autores.

Gráfico 6. Relación entre estudiantes y egresados en frontera eficiente



Fuente: elaboración de los autores.

Gráfico 7. Función de densidad acumulada de la eficiencia



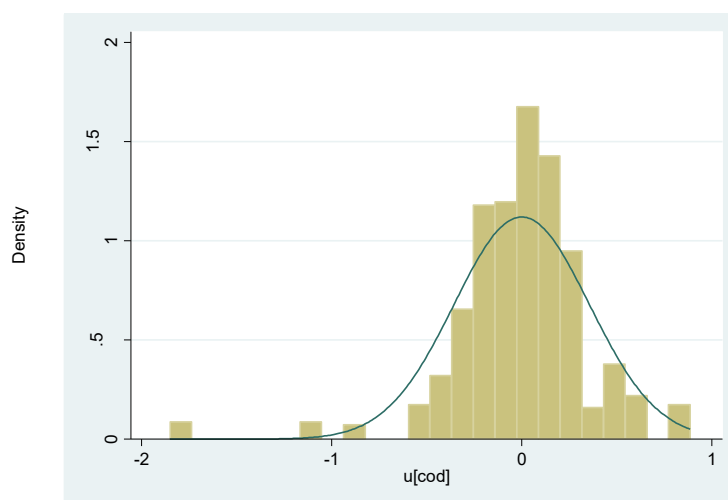
Fuente: elaboración de los autores.

Tabla 9. Resultados de eficiencia por percentiles

P5	P10	P25	P50	P75	P90	P95	Media	Desv. est.
25.65 %	29.09 %	34.84 %	41.23 %	51.07 %	64.13 %	73.61 %	44.32 %	14.82 %

Fuente: elaboración de los autores.

Gráfico 8. Histograma de los errores



Fuente: elaboración de los autores.

Tabla 10. Prueba de efectos aleatorios Breusch-Pagan y multiplicador de Lagrange

	Var	Sd = sqrt (Var)
grad	1.00687	1.00343
e	0.10774	0.32824
u	0.13113	0.36212

Test:	Var(u) = 0
chibar2(01) =	371.80
Prob > chibar2 =	0.0000

Fuente: elaboración de los autores.

Con respecto a la prueba de Breusch-Pagan, en este caso se rechaza la hipótesis nula al 5 %, lo que muestra evidencia estadística de heterogeneidad no observada en el término “error”. Esto implica la necesidad de usar alguna de las metodologías que tengan en cuenta la existencia de efectos constantes en el tiempo.

Debido al resultado del test anterior se realizó la regresión mediante efectos fijos y efectos aleatorios, y mediante la prueba de Hausman se obtuvo cuál de los dos modelos es mejor y cuál es el mejor estimador.

Tabla 11. Prueba de Hausman

Coeficientes	(b)	(B)	(b – B)	sqrt (diag (V _b – V _B))
	fe	re	Diferencia	S. E.
est_doc	–0.2168111	–0.2405228	0.0237117	0.0236003
est	0.2270505	0.48459	–0.2575395	0.0573602
p_cat	–0.1024724	–0.08779	–0.0146824	0.0089127
egr_op	0.6447669	0.481805	0.1629619	0.0804857
matr	0.0273529	0.0278742	–0.0005213	0.0021495

Prueba: Ho: diferencia de los coeficientes no sistemática

$$\begin{aligned}\chi^2(5) &= (b - B)' [(V_b - V_B)^{-1}] (b - B) \\ &= 27.43 \\ \text{Prob} > \chi^2 &= 0.0000\end{aligned}$$

Fuente: elaboración de los autores.

Como el valor del estadístico es mayor que el valor que se reporta en la tabla de valores críticos de la distribución χ^2 , se rechaza la hipótesis nula de estimadores de efectos aleatorios

consistentes a una significancia del 5 %, lo que muestra que hay una fuerte evidencia estadística de endogeneidad. En este sentido, el estimador adecuado es el de efectos fijos dentro de los grupos.

En la Tabla 11 se referencian los artículos consultados para la elaboración de la investigación, principalmente sobre temas de medición de la eficiencia, los artículos y las metodologías utilizadas.

Tabla 12. Referentes de medición de la eficiencia

Autores	Año	Metodología / País	Resultados
Angélica María Vázquez Rojas y Carmen Pérez Esparrells	2016	Índice de Malmquist España	<ul style="list-style-type: none"> • Confirma la hipótesis de una gran heterogeneidad en el Sistema Universitario Público Español respecto del cambio en productividad a lo largo del tiempo. Se encontró un cambio de la productividad promedio anual de – 1.1 % en todas las universidades, con un rango entre –15.2 y 18.3 %. • Existen notables diferencias respecto del cambio en productividad a lo largo del tiempo cuando se analiza solo investigación y solo docencia, con un crecimiento promedio anual de 14.6 y 6.1 %, respectivamente.
Ana Lilia Valderrama Santibáñez, Omar Neme Castillo y Humberto Ríos Bolívar	2015	SFA México	<ul style="list-style-type: none"> • En el sector manufacturero, los resultados muestran que el capital humano, el personal no calificado y el capital son generadores de eficiencia, mientras que la productividad laboral y el poder de mercado tienden a reducir la ineficiencia técnica. • El valor más bajo de la eficiencia se presentó en 1996, mientras que la máxima eficiencia se alcanzó en 1989. En general, la eficiencia es baja, aunque con ciertos altibajos. En 2006, la eficiencia media fue de 0.676, con 13 industrias registrando pérdidas de eficiencia, lo que indica un proceso limitado de aprendizaje.
Delma de la C. Hernández Falcón, Antonio Vargas Jiménez, José Luis Almuiñas Rivero y José Luis García Cuevas	2015	Construcción de indicadores propios. Cuba	<ul style="list-style-type: none"> • Son insuficientes las mediciones alrededor de la eficiencia académica que se realizan hoy en las universidades, que permitan orientar mejor la toma de decisiones para la optimización de los recursos en función de los resultados. • Plantea indicadores para medición de eficiencia académica de la Universidades
Nattatin Ueasin, Shu-Yi Liao y Anupong Wongchai	2015	SFA y DEA Tailandia	<ul style="list-style-type: none"> • Analiza la eficiencia de la generación de electricidad mediante cáscara de arroz mediante DEA y SFA. • Los resultados indicaron que un modelo de SFA exhibió la más alta puntuación (0.877), seguido de un retorno constante a escala -DEA (CRS-DEA) y de rendimiento variable a escala-DEA VRS-DEA) a 0.841 y 0.722, respectivamente. Los excedentes de entrada de cáscaras de arroz de capacidad y se pusieron de relieve para mejorar la eficiencia de la unidad. • El cumplimiento de la meta del Gobierno tailandés de la energía sostenible y renovable estimulará más utilizar plantas para utilizar la cáscara de arroz para la generación de electricidad.
Paola Azar Dufrechou	2015	DEA Latinoamérica	<ul style="list-style-type: none"> • El aumento de la eficiencia que prevalece en los países latinoamericanos desde 1990 ha pasado a lo largo con una modesta expansión de los gastos públicos. Si bien este patrón “eficiencia-squeeze” podría haber contribuido a compensar la falta de una fuerte inversión en la educación, pobres logros de aprendizaje son probablemente el otro lado de esa estrategia. • Los más altos gastan entre los países de ingreso alto han mostrado un comportamiento genuinamente pro-eficiencia. En un sentido, la eficiencia

Autores	Año	Metodología / País	Resultados
			implicaría un esfuerzo particular que sólo parece ser llevado a cabo en los más altos niveles de desarrollo económico.
Francisco Ganga Contreras, Aldo Cassinelli Capurro, María Angélica Piñones Santana y Juan Quiroz Castillo	2014	DEA Chile	<ul style="list-style-type: none"> • Este artículo revisa el concepto de eficiencia y los desafíos de las universidades. Explica la diferencia entre eficiencia y eficacia, y examina formas de medición. • Concluye que hay retos en perspectiva de la estandarización, la medición y la agenda de investigación.
Apurba Shee y Spiro E. Stefanou	2014	SFA Colombia	<ul style="list-style-type: none"> • Los resultados empíricos encuentran que la tradicional frontera de producción estocástica tiende a subestimar la elasticidad de la producción de capital y eficiencia técnica a nivel de las empresas de la industria alimentaria de Colombia. • La evidencia en esta investigación sugiere que el tratamiento de los asuntos problema de la endogeneidad en el análisis de frontera de producción estocástica.
Nara F. Monkam	2014	DEA Sudáfrica	<ul style="list-style-type: none"> • Revisa la eficiencia de varios municipios Sudafricanos y encuentran que en promedio municipios, B1 y B3 podría haber logrado en teoría el mismo nivel de servicios básicos con alrededor de 16 y 80 % menos de recursos, respectivamente. • La autonomía fiscal y el número y los niveles de habilidad de la alta dirección de la administración de un municipio influye en la eficiencia productiva de los municipios.
Tiziana Laureti, Luca Secondi y Luigi Biggeri	2014	SFA con datos de tipo panel Italia	<ul style="list-style-type: none"> • El objetivo de este estudio es explorar plenamente el potencial de datos de panel en el análisis de la eficiencia de la enseñanza. • Plantean un enfoque para la estimación de un modelo de frontera estocástica basada en la Máxima Entropía Generalizada, método que ofrece nuevas perspectivas sobre la medición de la enseñanza universitaria. • La medición del nivel de eficiencia sin tener en cuenta los factores exógenos y características de los alumnos demostró ser engañosa.
Zuhura M. Abdallah, Mohamad A. Md Amin, Nur Azura Sanusi y Suhail Kusairi	2014	SFA Tanzania	<ul style="list-style-type: none"> • Los resultados del estudio demuestran que los bancos grandes, los bancos extranjeros y los bancos públicos son más ingresos eficientes que los bancos pequeños, los bancos locales y los bancos privados. • Los pequeños bancos, los bancos extranjeros y los bancos privados son más costo eficiente que los bancos grandes, los bancos locales y bancos del gobierno. • Las implicaciones de este estudio son que la política de liberalización en el sector bancario ha creado nuevos desafíos y cambios en el nivel de competitividad, e introdujo un proceso de aprendizaje y un mayor nivel de eficiencia.
Stefanía Escobar Pineda y María Orduz Perdomo	2013	Modelo Logit ordenado Colombia	<ul style="list-style-type: none"> • Los resultados indican que los estudiantes con mejores condiciones socioeconómicas, que atienden instituciones con programas acreditados y que disponen de grupos de investigación, aumentan la probabilidad de obtener mejores resultados académicos.

Autores	Año	Metodología / País	Resultados
Rolando Escorcia Caballero, Delimiro Visbal Cadavid y José Mario Agudelo Toloza	2013	DEA Colombia	<ul style="list-style-type: none"> Se hace una buena explicación, estimación e, incluso, proyección de la eficiencia de los centros educativos, generando un ranking de eficiencia con cada institución y se propone la disminución de variables de entrada y variables de salida, necesarias para que una institución ineficiente logre la eficiencia. Trabajo relevante debido al uso de la metodología DEA en la generación de <i>rankings</i> de eficiencia.
Hernán Cáceres V. Werner Kristjanpoller R. y Jorge Tabilo A.	2013	DEA Chile	<ul style="list-style-type: none"> No existe correlación entre la eficiencia técnica y los resultados de la evaluación del desempeño. Los resultados de la evaluación del desempeño no pueden ser usados como factor preponderante al momento de asignar recursos, dado que estos deben ser desviados hacia aquellas unidades que presentan los mayores niveles de eficiencia.
Patricio E. Ramírez y Jorge L. Alfaro	2013	DEA Chile	<ul style="list-style-type: none"> Los resultados indican que tres de las 25 instituciones analizadas son eficientes en el plano de investigación y docencia. No se revelan diferencias estadísticamente significativas de eficiencia entre las instituciones estatales y las no estatales, como tampoco entre las instituciones con distintos años de acreditación institucional.
Ana Carolina Zoghbi, Fabiana Rocha y Enlinson Mattos	2013	SFA Brasil	<ul style="list-style-type: none"> El factor trabajo (profesor por alumno) afecta negativamente la diferencia en las puntuaciones de pruebas de conocimiento, que en principio sería contrario a la intuición. La entrada de capital afecta positivamente a la diferencia en las puntuaciones de conocimiento, como se esperaba. Las características socioeconómicas de los estudiantes parecen ser importantes para explicar los resultados. Si este es realmente el caso, la ineficiencia aumenta en las universidades públicas.
Samer Hamidi	2013	SFA Palestina	<ul style="list-style-type: none"> El promedio de eficiencia técnica de los hospitales fue de aproximadamente 55 %, y variaron del 28 al 91 %. Los médicos y enfermeras parecen ser los factores más importantes en la producción de hospital; un aumento del 1 % en el número de médicos resulta en un aumento en la producción del hospital de 0.33 y 0.51%, respectivamente. Si los hospitales aumentan todos los <i>inputs</i> en el 1 %, su producción se incrementaría en 0,74 %. Hospitales proceso de producción tiene un retorno de disminución a escala.
Sergio Scippacercola y Luigi D'Ambrà	2013	SFA y DEA Italia	<ul style="list-style-type: none"> Los resultados del análisis, los insumos de producción, tales como, el número de profesores por cada 100 estudiantes y el número de alumnos por clase, tienen un impacto significativo en la determinación de la frontera de producción. El número de profesores con más de diez años de experiencia en la enseñanza es variable útil para medir la calidad de los profesores, a diferencia de los que miden la cantidad. Las variables financieras, como los fondos de ingresos adicionales y las variables estructurales, como la superficie total de las clases y la presencia de las bibliotecas escolares no son significativas. Parecería que los recursos humanos son las variables más importantes para la frontera de producción.
A. Altamirano-Corro y R. Peniche-Vera	2013	DEA y proceso de jerarquía analítica (PJA) México	<ul style="list-style-type: none"> En esta investigación se propone un enfoque para medir la eficiencia institucional en la educación superior combinando el Proceso de Jerarquía Analítica (PJA) con el DEA. El uso conjunto de las dos metodologías constituye una herramienta novedosa y es muy útil para estudios de eficiencia institucional, ya que los resultados que arroja permiten obtener y confirmar equivalencias importantes.

Autores	Año	Metodología / País	Resultados
G. Thomas Sav	2012	SFA con datos de tipo panel EE. UU.	<ul style="list-style-type: none"> Las IES públicas son más eficientes en costos cuando los factores del entorno influyen en la frontera; las IES privadas son más eficientes en costos cuando esos factores son determinantes de ineficiencia. La financiación del Gobierno contribuye y aumenta la ineficiencia del sector privado, pero ofrece algunas mejoras en la eficiencia entre las IES públicas. A raíz de la crisis financiera mundial, hay evidencia que indica una considerable desaceleración en el crecimiento de la ineficiencia entre las IES públicas y privadas.
Gerardo A. Buchelli Lozano y John Jairo Marín Restrepo	2012	SFA Colombia	<ul style="list-style-type: none"> Los resultados indican que existen diferencias significativas en el desempeño de los 12 departamentos incluidos en el análisis, por lo que se sugiere que se podrían obtener importantes ganancias en términos de reducción de costos si las unidades de producción se acercaran a los niveles de operación de las más eficientes.
Gualberto Bucla-Casal, María Paz Bermúdez Sánchez, Juan Carlos Sierra Freire, Raúl Quevedo-Blasco Ángel Castro y Alejandro Guillén-Riquelme.	2011	Revisión Bibliográfica España	<ul style="list-style-type: none"> Se pone de manifiesto que el principal problema de la universidad española es su escasa visibilidad y competitividad en el nuevo contexto que ha surgido. En los <i>rankings</i> internacionales consultados se puede ver cómo las regiones dominantes son Estados Unidos, algunos países de Europa (como Reino Unido, Alemania y Holanda) y, en los últimos años, las universidades asiáticas, que están aumentando velozmente su productividad y popularidad.
Omar Montoya Suárez y José Soto Mejía	2011	SFA con datos de tipo panel Colombia	<ul style="list-style-type: none"> Los resultados muestran cómo los departamentos cafeteros presentan niveles de eficiencia relativamente poco altos existiendo unos departamentos (Antioquia) altamente eficientes en comparación con los más reducidos niveles de eficiencia técnica del resto. Los departamentos que hicieron parte del estudio, operan, en promedio con un nivel de eficiencia del 62 %. Los departamentos de Antioquia, Tolima y Valle del Cauca son más eficientes que los departamentos del Eje Cafetero.
Jorge L. Navarro España, Francisco Maza Ávila y Rafael Viana Barceló	2011	DEA Colombia	<ul style="list-style-type: none"> Los hospitales y clínicas de Colombia mostraron un alto desempeño respecto a otros del continente, ubicándose entre los que mejor usa sus insumos (personal, área y experiencia) respecto a la ocupación de camas y egresos de pacientes. Los hospitales colombianos tienen una ventaja en términos de que usan sus recursos de manera eficiente, y los costos comparativos de los tratamientos son más bajos que en otros países, por tanto hay tres aspectos clave que se conjugan: eficiencia, precios competitivos y calidad de los tratamientos
Carlo Salerno	2010	SFA y DEA Australia, EE. UU., Canadá y Países Bajos	<ul style="list-style-type: none"> Este trabajo presenta el estado del arte de la medición de la eficiencia en las IES. Comenzando por la definición de <i>eficiencia</i>, las diferentes formas de medir la eficiencia (DEA y SFA) y las ventajas y desventajas de cada una, así como la recopilación de los resultados de diferentes estudios en cinco países, considerando el tipo de institución, la fuente de información, los tipos de <i>inputs</i> y <i>outputs</i>, el tipo de eficiencia que es medida, los resultados y las conclusiones de cada uno.

Autores	Año	Metodología / País	Resultados
Dolores Moreno Herrero y María Lucía Navarro Gómez	2010	Función de costos España	<ul style="list-style-type: none"> • La producción de las actividades de enseñanza es en promedio más cara para universidades privadas. Lo anterior explicado por la diferencia en el precio y la utilización del capital de trabajo explicado sobre todo por fenómenos de economías de escala. • Aunque las universidades privadas tienen unos rendimientos mayores, son menos costo-eficientes que las universidades públicas.
A. C. Worthington y H. Higgs	2010	Función de costos cuadrática Australia	<ul style="list-style-type: none"> • Este trabajo estima las economías de escala y alcance de 36 universidades australianas, permitiendo ver como varían los costos a diferentes niveles de precios de entrada y de salida. • La evidencia de economías de alcance es muy fuerte, con economías de escala globales en todos los niveles de la producción media. Esto indica que las universidades se benefician (en términos de coste) de la producción conjunta de salidas de enseñanza, investigación, formación e investigación. • Hay una desventaja de los costos asociados con la producción de publicaciones en forma aislada comparada con las otras salidas de la universidad.
Gerhard Kempkes y Carsten Poh	2010	SFA y DEA Alemania	<ul style="list-style-type: none"> • En las universidades alemanas los resultados de las estimaciones indican que la productividad total de los factores (PTF) ha ido aumentando más rápidamente en las universidades de Alemania del Este en comparación con sus homólogos de Alemania Occidental.
Pedro Carneiro, James J. Heckman y Edward J. Vytlačil	2010	DEA EE. UU.	<ul style="list-style-type: none"> • Analiza los retornos marginales de la educación utilizando la metodología de análisis envolvente de datos.
Tommaso Agasisti y Geraint Johnes	2009	DEA Inglaterra España e Italia	<ul style="list-style-type: none"> • En relación con la frontera de cada país, las instituciones de ambos países son típicamente muy eficientes. Sin embargo, las instituciones de Inglaterra son más eficientes que las de Italia. Las universidades italianas están mejorando su eficiencia técnica, mientras que las universidades españolas están obteniendo puntajes estables.
Raquel Martín	2008	DEA España	<ul style="list-style-type: none"> • Este artículo presenta un análisis del grado de eficiencia técnica con que actúan los departamentos universitarios. En este caso, la universidad elegida ha sido la Universidad de La Laguna, llevando a cabo el análisis para un curso académico. • La principal conclusión del estudio es que la asignación de los recursos destinados a la educación superior es susceptible de ser mejorada en los aspectos concernientes a la eficiencia su uso.
William H. Greene	2007	SFA y DEA	<ul style="list-style-type: none"> • Se hace una aproximación metodológica a los modelos de fronteras estocásticas y lo compara con la metodología de análisis envolvente de datos, así como la utilización de datos tipo panel y minimizando la función de costos.
Víctor H. Moreira, B. E. Bravo-Ureta B. L. Carrillo y J. A. Vásquez	2006	SFA con datos tipo panel Chile	<ul style="list-style-type: none"> • El término de <i>ineficiencia</i> tiene una distribución media de lo normal; no hay ningún efecto agro-climático y la presencia de ineficiencia técnica es altamente significativa y variable en el tiempo. La eficiencia técnica promedio oscila entre el 77 % (1996-1997) y el 69 % (2000-2001) y el cambio tecnológico es importante y aumenta a una tasa anual promedio de 8.6 % para el período 1996-2002. • Trabajo relevante por el uso de datos tipo panel y obtención de resultados de eficiencia para diferentes periodos.
Ana María Iregui, Ligia Melo y Jorge Ramos	2006	SFA Colombia	<ul style="list-style-type: none"> • Los resultados indican que las variables asociadas con la infraestructura de los colegios y con el entorno socioeconómico de los estudiantes tienen un impacto positivo y significativo en el logro académico. En términos de eficiencia, los resultados muestran que los colegios privados se podrían estar beneficiando de condiciones de entorno más favorables, si se tiene en cuenta que a estos, en promedio, atienden alumnos de mayores ingresos.

Autores	Año	Metodología / País	Resultados
María Cecilia Acevedo Villalobos y Jorge Ramírez Vallejo	2005	SFA Colombia	<ul style="list-style-type: none"> • A nivel agregado existe una relación positiva entre la concentración industrial y la eficiencia en la producción. Este artículo también realiza una contribución metodológica, dado que es el primero en Colombia en aplicar una función de producción estocástica para demostrar el vínculo entre la aglomeración y la eficiencia.
Hernando Mutis y Gloria Mariza Díaz Torres	2005	SFA Colombia	<ul style="list-style-type: none"> • Por medio de la técnica de fronteras estocásticas se estima la eficiencia técnica de 476 centros educativos en Bogotá.
Philip Andrew Stevens	2005	SFA Reino Unido	<ul style="list-style-type: none"> • Ante un aumento en costos, la producción aumenta en mayor cuantía y esto no se traduce en eficiencia. • La proporción de alumnos que han alcanzado grados de primera clase y de segunda clase superior está negativamente correlacionada con la eficiencia una vez que se da cuenta de su impacto directo en los costos. • Las IES con un gran número de estudiantes mayores de 25 años de edad al iniciar su curso o de clases sociales más bajas son generalmente más eficientes.
A. T. Flegg, D. O. Allen, K. Field y T. W. Thurlow	2004	DEA Reino Unido	<ul style="list-style-type: none"> • El análisis indica que hubo un aumento sustancial en puntuación media geométrica ponderada durante el período de estudio, aunque este aumento fue más notable entre 1987 y 1988 y 1990-1991. • El aumento de las puntuaciones se atribuyen en gran parte a las ganancias en eficiencia pura y la congestión técnica. • Los resultados revelan que la productividad total de los factores aumentó en el 51.5 % entre 1980 y 1981 y 1992 y 1993, y que la mayor parte de este incremento se debió a un desplazamiento hacia fuera sustancial en la frontera de eficiencia durante este período.
Iván Alexis Canay	2001	Mínimos cuadrados clásicos modificados (MOLS) y máxima verosimilitud (ML) Argentina	<ul style="list-style-type: none"> • Tanto la metodología de corte transversal como la de datos de tipo panel fue aplicada a un conjunto de empresas distribuidoras eléctricas de Sudamérica, de las cuales seis pertenecían a Argentina. Los resultados mostraron ser robustos entre los distintos métodos de estimación.
Andrés Fernando Jola S.	2001	Mínimos cuadrados ordinarios Latinoamérica	<ul style="list-style-type: none"> • Chile y Uruguay tienen el proceso educativo de mejores resultados en Latinoamérica según lo describe la prueba PISA; les siguen México, Brasil, Argentina y, por último, Colombia. Los colegios públicos presentan resultados inferiores en comparación con el resto de colegios en Colombia y con Latinoamérica. • La brecha entre los colegios públicos colombianos y latinoamericanos es menor para instituciones públicas que privadas.
Mauricio Mayorga M. y Evelyn Muñoz S.	2000	Panel de datos Costa Rica	<ul style="list-style-type: none"> • Este documento es una guía de cómo utilizar la técnica de panel de datos, describiendo y dando a conocer las ventajas y desventajas.

Autores	Año	Metodología / País	Resultados
Sebastián Donoso D., Medardo Aguirre G., Claudia Espinoza B. Paola Manríquez G. y Marisela Silva C.	1999	SFA Chile	<ul style="list-style-type: none"> • Los resultados dan cuenta que los diez establecimientos con mejores resultados en las pruebas de conocimiento no coinciden con los diez colegios más eficientes bajo el modelo de Fronteras Estocásticas. Lo anterior se debe a que las pruebas miden logros de rendimiento en determinadas pruebas de conocimientos, en tanto que la eficiencia, aplicando modelos de Fronteras Estocásticas, incorpora variables que afectan dicho logro y también permite identificar el grado de influencia de estas variables en el producto.
Dennis Epple y Richard E. Romano	1998	Modelo teórico (Cobb-Douglas) EE. UU.	<ul style="list-style-type: none"> • Existe una correlación negativa entre los ingresos y la capacidad dentro de cada escuela privada y una correlación negativa entre el tamaño de la escuela privada y la calidad. • Trabajo relevante por la aplicación de un modelo por medio de una función Cobb-Douglas y la relevancia de los resultados.
G. E. Battese y T. J. Goelli	1995	SFA Reino Unido	<ul style="list-style-type: none"> • Este trabajo es relevante pues plantea las bases de la aplicación de la metodología de fronteras estocásticas para la estimación de eficiencia. • Las ineficiencias de la producción son significativas, aunque los efectos individuales de una o más de las variables pueden no ser estadísticamente significativa. Los efectos de la ineficiencia en la frontera estocástica son claramente estocásticos y no son independientes de la edad y el nivel de educación formal de los agricultores y el año de observación.
David S. P. Hopkins	1990	SFA EE. UU.	<ul style="list-style-type: none"> • Revisa literatura económica enfocándose en la función de producción de la educación superior. El resultado de diferentes fuentes se sintetiza y se presenta de una manera sistemática para revelar qué es y qué no es lo que se conoce acerca de la naturaleza y forma de la función de producción.

Fuente: elaboración de los autores.

Acerca de los autores

Andrés Felipe Gómez Rico



Economista de la Universidad Pontificia Bolivariana (2013).

Especialista en Finanzas, Universidad EAFIT (2014).

Aspirante al título de Magíster en Administración Financiera, Universidad EAFIT (2016).

Cristian David Ceballos Vélez



Economista de la Universidad Pontificia Bolivariana (2013).

Aspirante al título de Especialista en Finanzas, Universidad EAFIT (2016).

Aspirante al título de Magíster en Administración Financiera, Universidad EAFIT (2016).

Acerca del asesor

Alfredo Trespalacios Carrasquilla



Ingeniero Electricista, Universidad Nacional.

Magíster en Finanzas, Universidad EAFIT.

Aspirante a Ph. D. en Economía, Universidad EAFIT.

Investigador en mercados de electricidad y derivados financieros y consultor en modelación de riesgo de electricidad.